Ueber Electrolyse thierischer Gewebe.

Inaugural-Dissertation

welche mit Genehmigung

der medicinischen Facultät hiesiger Universität zur Erlangung der Doctorwürde

den 27. Januar 1870, Vormittags 10 Uhr
in der kleinen Aula

gegen die Opponenten

P. Wilczewski, cand. med. und **Th. Kugler**, Dr. med.

öffentlich vertheidigen wird

Oscar Gellner
aus Breslau.

Breslau.
Druck von Wilh. Gottl. Korn.
1870.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. H. Fischer,

Director der chirurgisch-augenärztlichen Klinik an der Universität zu Breslau

aus Dankbarkeit

und

Seinen Eltern

aus kindlicher Liebe

gewidmet

vom Verfasser.

Ueber Electrolyse thierischer Gewebe.

— „ἡ δὲ πεῖρα σφαλερή,
ἡ δὲ κρῖσις χαλεπή.“
(Hippocrates.)

Die praktische Anwendung physikalischer Wirkungen zur Heilung von Krankheiten war von jeher versucht worden. Am Ausgedehntesten und Häufigsten ist jedoch unter allen physikalischen Agentien die Electricität gegen verschiedene pathologische Zustände gebraucht worden; von ihrer Wirksamkeit konnte man sich leicht überzeugen, ihre Erscheinungen und Wirkungen sind augenfällig und leicht zu beobachten; leicht auch die Art ihrer Anwendung. Daher ist es natürlich, dass ihr Feld das cultivirteste in der gesammten therapeutischen Physik geworden ist.

Man hat die Electricität in ihren drei Gattungen zur therapeutischen Anwendung gebracht, nämlich:

1. **als Maschinen- oder Reibungs-Electricität** (statische Electricität — Heidenreich), in neuerer Zeit in den Hintergrund getreten, da sich die beiden anderen Electricitäts-Arten wirksamer und vortheilhafter erwiesen haben;
2. **als Inductions-, sog. dynamische Electricität;**
3. **als Berührungs-Contact-Electricität** — Galvanismus.

Von diesen drei Arten der Electricitäten findet die letzte hinwiederum wegen ihrer mannigfachen Wirkung die häufigste Anwendung.

Pétrequin fasst die verschiedenen Wirkungen des constanten Stromes übersichtlich so zusammen:

1. **electrische Wirkung,** welche das Gehirn und Rückenmarks-Nervensystem erschüttert, den Kranken schmerzt und electrische Schläge ertheilt;
2. **wärmeerzeugende Wirkung,** durch welche die lebenden Gewebe gebrannt oder geätzt werden können;

3. **zersetzende Wirkung**, welche die Stoffe in ihre chemischen Elemente auflöst.

Die erste der hier genannten Wirkungen des constanten Stromes war zuerst besonders von Remak*) zu Heilzwecken in Anwendung genommen worden.

Auf die Verwerthung der zweiten Wirkung für therapeutische Zwecke war durch den Physiker Steinheil zuerst Heider in Wien aufmerksam gemacht worden, welcher, wie Crusell in Petersburg, mit Erfolg von der thermischen Wirkung des constanten Stromes zu therapeutischen Zwecken Gebrauch machte. Allgemein in der Chirurgie anwendbar wurde jedoch erst diese Wirkung des constanten Stromes, nachdem Middeldorpf es gelungen war, sie zur Methode zu erheben und die geeigneten Instrumente hierfür zu erfinden.

Endich ist in der allerneuesten Zeit in Russland wie von Bruck in Breslau die thermische Wirkung des constanten Stromes als Lichtquelle benutzt worden, um Höhlen oder undurchsichtige Körper und Organe zu durchleuchten, sie „diaphan" zu machen — Stomatoscopie — Proctoscopie — Methoden, deren Vervollkommnung, wie über deren Werth zu entscheiden der Zukunft vorbehalten ist.

Die dritte Wirkung des constanten Stromes wurde ebenso wie die beiden anderen schon lange Zeit zu therapeutischen Zwecken in Anwendung gezogen, ist jedoch im Vergleich zu ihnen stets am Aermsten an Erfolgen gewesen. Der Grund hierfür ist der, dass ihre Wirkung auf den Organismus bei Weitem nicht so bekannt ist, als die der beiden anderen Kräfte, der electrodynamischen und der electrothermischen.

Während nämlich Eckhard und Du Bois-Reymond's Schüler: Heidenhain, Pflüger und Rosenthal die physiologischen Wirkungen des galvanischen Stromes auf Nerven und Muskeln feststellten, und so einer rationellen Anwendung der electrodynamischen Kraft zu therapeutischen Zwecken Bahn gebrochen wurde, während der Anwendung des thermischen Effect's des constanten Stromes eine wissenschaftliche Basis durch Middeldorpf unterbreitet wurde, fehlen uns über die Vorgänge im Organismus bei Anwendung der electrochemischen Wirkung des constanten Stromes genauere Untersuchungen gänzlich. Was bisher in diesem Theil der Electrotherapie überhaupt gearbeitet wurde, ist Folgendes:

---

*) Galvano-Therapie der Nerven- und Muskel-Krankheiten., Berlin 1858.

Die ersten unvollkommensten und mit vielem Irrthum verbundenen Versuche mit der zersetzenden Wirkung des constanten Stromes that im Jahre 1829 Schröder*).

Schröder glaubte nämlich durch Application des Oxygen-Pols am Schädel, und des Hydrogen-Pols am Rückgrat, Wasserstoff im Schädel selbst zu entwickeln!

Auf Wissenschaftlichkeit machen erst die Versuche Gustav Crusells, Arztes in Helsingfors, Anspruch. Crusell ging nämlich**) bei seinen Versuchen von dem richtigen Satz aus, dass, da der positive Pol bei allen electrochemischen Vorgängen ein Säurebilder sei, und der negative Pol stets die Bildung von Alcalien veranlasse, die Anode mit einem Theile eines lebenden Organismus verbunden, die Wirkungen einer Säure, die Cathode dagegen unter derselben Bedingung die eines Alcali entfalte. Demnach wandte Crusell den positiven Pol da an, wo er die „consolidirende Wirkung" einer Säure für indicirt hielt, und gebrauchte den negativen Pol da, wo er die „fluidisirenden" Wirkungen der Alcalien auf Gewebe für nöthig erachtete. Crusell wandte nun die Electrolyse in diesem Sinne mit mehr oder weniger Erfolg gegen folgende Krankheiten an:

Krankheiten des Auges.

1. **Leucom.** — Anwendung der Kathode in der Absicht, durch die auflösende Eigenschaft derselben die zwischen den Lamellen der Hornhaut geronnene Lymphe zur Resorption zu bringen.

Ein Fall von vollständiger Blindheit durch Leucom wurde auf diese Weise dahin gebessert, dass Patient Licht und Dunkel zu unterscheiden im Stande war.

2. **Synechia.**

3. **Synizesis.**

4. **Cataracta**; eine feine Staarnadel wurde in das Centrum des Staares geführt und mit einem in den Mund des Kranken gebrachten Zinkkügelchen metallisch verbunden, worauf Zerberstung des Staares erfolgte. — Nach drei Monaten hergestelltes Sehvermögen durch Resorption der zersprengten Staarstücke.

---

*) Schmidt's Jahrbücher, Band 7.

**) „Ueber den Galvanismus als chemisches Heilmittel gegen örtliche Krankheiten," von Dr. G. Crusell, Petersburg 1841.

Krankheiten des Ohres.

1. **Inducatio membranae tympani.** Anwendung der Kathode aus demselben Grunde wie bei Leucom. Der äussere Gehörgang wurde mit irgend einer unschädlichen leitenden Flüssigkeit gefüllt und eine kleine Platinakathode (die am Ende nicht leitend sein soll) einer sehr schwachen Batterie in die genannte Flüssigkeit gebracht. Erfolg: deutliche, bleibende Vergrösserung der Hörweite.

2. **Stricturen der tuba Eustachii.** Die Kathode soll, mittelst eines Ohrkatheters in die tuba gebracht, durch ihre auflösende Eigenschaft die verengten Stellen erweitern.

Krankheiten der Harnröhre.

1. **Callöse Stricturen.** Eine die Strictur so genau als möglich ausfüllende Sonde von nicht oxydirbarem Metall wird in die Harnröhre gebracht; am Schenkel oder an der Wade wird darauf eine Stelle mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, oder durch ein Blasenpflaster der Epidermis beraubt und darauf eine reine Zinkplatte gelegt. Der durch metallische Verbindung der Sonde mit der Zinkplatte entstehende Strom soll im Stande sein, die callöse Strictur zu tilgen.

2. **Gonorrhoea secundaria.** Application der Anode in der analogen Weise wie die der Kathode bei callöser Strictur. — Fälle von Erfolg werden mitgetheilt.

Dies sind die hauptsächlichsten Fälle, in denen Crusell die zersetzende Wirkung des constanten Stromes angewandt hat.

Eine fernere Anwendung erfuhr die Electrolyse zur Auflösung der Harnblasensteine. Versuche hierüber wurden angestellt von Phillips (— Zerstörung der Blasensteine durch Galvanismus Gaz. des hospit. 1847 Juillet —) ferner von Donné, über Steinauflösung, Journal des débats, 1842 Mars, und insbesondere von Mehlicher, österreichische Jahrbücher, 1848 Februar; — so richtig der Gedanke ist, dass die Blasensteine, da sie alle Electrolyte sind, nach dem Gesetz der Electrolyse zerlegt werden müssen, so entbehren doch alle hierüber angestellten Versuche der Erfolge. Der Grund dürfte darin zu suchen sein, dass es an einem hierfür passenden Instrument fehlt; dieses müsste folgenden Anforderungen entsprechen:

1. Der Stein muss mittelst desselben in der Blase vollständig isolirt gefasst werden, damit einmal die Blasenwände durch den Strom nicht angegriffen würden, und zweitens dieser seine Wirkung auf den Stein allein ausdehne, denn die raschere oder langsamere Wirkung der Säule hängt ausser von der Art der Zusammensetzung des Steines, hauptsächlich von der Isolirtheit desselben zwischen den Electroden ab.
2. Das sich entwickelnde Gas muss nach Aussen entweichen können.
3. Der Stein muss mittelst hinlänglich grosser Berührungsflächen der Electroden gefasst werden.

Endlich versuchte man vergiftete Wunden zu galvanisiren, in der Absicht das eingebrachte Gift zu zerstören. Versuche der Art hat Pravaz angestellt, und hat ein besonderes Verfahren hierbei angegeben. La clinique 1829 Nr. 40, und Revue médic. 1830 p. 463 sq. — Pravaz impfte Hunden Wuthgift, Schlangengift u. s. w. ein und galvanisirte hierauf die Wunden. Die so behandelten Thiere blieben am Leben, die nicht galvanisirten wurden toll und starben.

1838 wandte Liston*) zuerst die Electropunctur behufs Verschlusses von Arterien insbesondere von Aneurysmen an; ein Verfahren, welches von Pétrequin**) eifrigst empfohlen wurde, nachdem von einer Gesellschaft italienischer Aerzte unter der Leitung von Strambio***) zahlreiche Versuche über die Obliteration der Gefässe durch Galvanopunctur angestellt worden waren. Wenngleich die näheren Bedingungen der Entstehung des Gerinnsels sowie die Wirkungsweise des constanten Stromes auf das Blut überhaupt noch nicht genau gekannt sind, so wird man doch, wenn man die bekannt gewordenen Fälle von Anwendung der Electropunctur gegen Aneurysma einer Analyse unterwirft genanntes Verfahren nur empfehlen können. Unter 40 in dieser Art behandelten Aneurysmen wurden nämlich 23 in der glücklichsten Weise geheilt. Der un-

*) Malgaigne, Médecine opératoire, V. édition p. 189.

**) Mémoire sur une nouvelle méthode pour guérir certains aneurysmes sans opération sanglante à l'aide de la galvanopuncture par J. E. Pétrequin, Prof. à Lyon, Paris 1846, und Clinique chirurgicale de l'Hôtel Dieu de Lyon, Paris 1850, p. 61 sq.

***) Vgl. Schmidt's Jahrbücher Bd. 60, p. 145. Auszug aus gazetta di Milano 1847.

genügende oder schlechte Erfolg der übrigen ist nur zum geringen Theil der Methode selbst zur Last zu legen; denn es finden sich darunter Fälle, in denen man Nadeln von der Dicke einer Stricknadel (!) angewandt hatte, oder die Nadeln acht Tage lang in der Geschwulst liess, oder die Operation Tag für Tag wiederholte u. s. w. cf. „De Electropunctura“ Dissertation von Meschede Greifswald 1856.

Eines seltenen glücklichen Ausgangs der Behandlung eines fast Hühnereigrossen $1^1/_2$ Ctm. prominirenden Aneurysma aortae in gänzliche Heilung durch Electropunctur will ich noch erwähnen.

Ciniselli theilt diesen Fall von gewiss allgemeinem Interesse in der gazz. med. ital. Lombard. 1868 Nr. 44 mit, und ist derselbe in Kürze etwa folgender: Bei einem 46 jährigen Manne hatte sich nach einem Anfall von acutem Gelenkrheumatismus mit Endocarditis im Verlauf von 5 Jahren ein Aneurysma entwickelt. Dasselbe zeigte sich in Gestalt eines fast Hühnereigrossen, $1^1/_2$ Ctm. prominirenden Tumors im 3. Intercostalraum rechts neben dem Sternum. Die Electropunctur wurde in der Weise vorgenommen, dass 3 Nadeln, 1 Mm. stark in den dritten Intercostalraum, die erste Nadel $1^1/_2$ Ctm. vom Rande des Sternum, jede folgende 2 Ctm. von der nächsten entfernt, eingestochen wurden. Zunächst verband Ciniselli die Kathode mit der ersten Nadel und schloss den Strom auf der Haut neben dem Tumor. Dann verband er die Kathode mit der zweiten, die Anode mit der ersten, dann die Kathode mit der dritten, die Anode mit der zweiten Nadel; im Ganzen wurde der Strom durch 40 Minuten angewendet. Blutung und irgend welche bedenkliche Erscheinungen traten nicht ein, die Geschwulst verlor sich im Laufe von 10 Wochen, und es blieb nur eine schwache Pulsation an der betreffenden Stelle fühlbar.

Auch gegen Extrauterin Schwangerschaft wurde die Electropunctur einmal angewendet, wobei jedoch die Differential-Diagnose zwischen Eierstockscyste nicht mit voller Bestimmtheit gestellt worden war. Der erwähnte in der gazz. medic. italiana, Toscana Mai 1855, p. 137 und Gaz. hébdomad. de méd. et de chir. Nr. 8, Paris, 25. Nov. 1853, p. 110 beschriebene Fall ist in Kürze folgender: Eine Frau hatte seit 3 Monaten ihre Regel verloren und mehrere Anfälle von Schmerzen im hypogastrium und der linken fossa iliaca gehabt. Der Puls war klein und hart, es zeigten sich Ohnmachten, kalte Schweisse u. dgl. In der letzten Zeit war an der bezeich-

neten Stelle eine Geschwulst von dem Umfange einer grossen Apfelsine wahrzunehmen. Man stellte die Diagnose auf Tubarschwangerschaft und beschloss den Embryo durch Electropunctur zu tödten. Am 2. Februar 1853 wurden 2 stählerne, 8 Ctm. lange Acupuncturnadeln von einander entfernt eingestochen und durch die beiden Pole eines Bunsenschen Apparates in Verbindung gesetzt. Die Kranke empfing 2 Schläge, von denen der zweite so heftig war, dass er der Patientin einen lauten Schrei und starke Schmerzen verursachte. Schon am folgenden Tage zeigte sich die Geschwulst merklich verkleinert. Am 6. März hatte sie nur noch die Grösse eines Taubeneies. Nach einem Monat trat die Menstruation wieder ein und blieb die Gesundheit seitdem ungestört.

Von anderer Seite wurden, wie erwähnt, Zweifel gegen die Richtigkeit der Diagnose erhoben, und die Geschwulst für eine Eierstockscyste gehalten, deren flüssiger Inhalt durch die Wirkung der Electropunctur zur Resorption gebracht wurde.

In der neuesten Zeit finden sich ebenfalls Arbeiten über das Verfahren mit der zersetzenden Wirkung des constanten Stromes, von Nélaton, Ciniselli und Althaus in London. Nélaton (Compt. rend. vom 18. Juli 1864) theilt ganz allgemein in einer „Note sur la déstruction des tumeurs par la méthode électrolytique“ die Wirkung des constanten Stromes auf thierische Gewebe mit. Um den positiven Pol beobachtet er, „un cylindre induré bien circonscrit“ um den negativen eine „tendance à la liquefaction“, ohne jedoch diese Veränderungen des Gewebes einer mikroskopischen oder chemischen Untersuchung zu unterwerfen.

Auch Ciniselli in Cremona, der sich sehr eingehend mit der chirurgischen Anwendung der Electrolyse beschäftigte, unterliess diese Untersuchungen.

An diese schritt zuerst Althaus in London, welcher die Einwirkung des Stromes auf die feinere Structur der Haut und des Zellgewebes, der Muskeln, Sehnen, Knochen, Knorpeln, Leber, Pancereas, Milz etc., studirte. Mit diesen Untersuchungen ist Althaus noch gegenwärtig beschäftigt, und gedenkt das Resultat derselben in einem besonderen Werke später zu veröffentlichen.

Aus diesem Ueberblick über die Arbeiten auf dem Gebiet der Electrolyse thierischer Gewebe sehen wir, dass trotz der öfteren glücklichen wie erfolglosen Anwendung derselben zu therapeutischen Zwecken merkwürdigerweise genug uns noch gegenwärtig keine

eingehenderen Untersuchungen der durch das genannte Operations-Verfahren bewirkten Veränderungen der Gewebe vorliegen; ein Umstand, welchem ich die oft unrichtige Anwendung der Electrolyse und deren nicht seltenen üblen Erfolge zuschreiben möchte.

Meine Aufgabe nun soll es sein, einen kleinen Beitrag zu liefern zu der Kenntniss der durch den constanten Strom bewirkten histologischen und chemischen Veränderungen der thierischen Gewebe.

Organische Theile im Schliessungsbogen.

Alle Theile, durch welche ein galvanischer Strom geht, setzen demselben einen Widerstand entgegen, welcher je nach ihrer Beschaffenheit ein verschieden grosser ist. Da die Stärke eines Stromes sich ändert mit der Vermehrung oder Verminderung des Leitungswiderstandes, und mit der veränderten Intensität des Stromes die Veränderungen der der zersetzenden Wirkung des constanten Stromes ausgesetzten Gewebstheile sich verschieden herausstellen, so ist es von Wichtigkeit die Leitungswiderstände der einzelnen Gewebe zu kennen. Man wird einen um so stärkeren Strom gebrauchen müssen, je schlechter das Gewebe leitet, und einen um so schwächeren Strom zu wählen haben, je besser dasselbe leitet.

Das den Strom am Besten leitende Gewebe sind nach Eckhard's Untersuchungen die Muskeln; zweimal schlechter als sie leiten Knorpeln, Sehnen und Nerven; die schlechtesten organischen Leiter sind die Knochen; sie leiten 19 mal schlechter als die Muskeln. Vergleichen wir diese Scala der Leitungsfähigkeit der Gewebe mit dem Wassergehalt derselben, wonach Muskeln einen Wassergehalt von 77—78 % haben, Sehnen 62 %, Knorpeln 62 %, Nerven 52 %, Knochen 5—7 % (compacte Substanz) — so sehen wir, dass die Gewebe den Strom um so besser leiten, je wasserreicher dieselben sind.

Histologische Veränderungen des Muskelgewebes, welche beim Durchleiten eines constanten Stromes entstehen.

Eine mit dem positiven Pol einer Platina-Zinkkette (Stromstärke 85°, am Siemens-Halske'schen Galvanometer gemessen) verbundene Platina-Nadel wurde in den gastrocnemius eines Frosches eingestochen, desgleichen die mit dem negativen Pol verbundene Nadel von gleichem Metall in den Oberschenkel derselben Seite.

Nach Verlauf von dreistündiger Einwirkung des Stromes war Folgendes an den beiden Einstichsstellen der Nadeln zu beobachten:

1. **An der Anode, dem positiven Pol.** Die äussere Haut erschien in einem Umkreise von $^1/_2$ Ctm. um die Einstichsstelle der Nadel durch eine helle Flüssigkeit, der hier und da Luftbläschen beigemischt waren, von der darunter liegenden Muskellage emporgehoben; diese war im gleichen Umkreis um die Nadel stark geröthet und fühlte sich fast knorpelhart an.

2. **An der Kathode, dem negativen Pol.** Aufsteigen zahlreicher Luftbläschen an der Nadel. In einem um die Einstichsstelle der Nadel 3 Linien grossen Umfang erschienen die Muskeltheile gelblich verfärbt, dabei so durchsichtig, dass man den Knochen in der Tiefe durchschimmern sah; dem zufühlenden Finger erschienen die so veränderten Theile als eine sehr weiche, fast gallertige Masse.

Nach weiterer zweistündiger Einwirkung des Stromes schritt ich zur mikroscopischen Untersuchung der so veränderten Muskeltheile.

A. Mikroscopische Untersuchung der Muskelfasern, welche der Einwirkung der Anode ausgesetzt waren.

Beim Anfertigen des Präparats zerfiel der zur Untersuchung genommene Muskeltheil unter den Präparir-Nadeln fast von selbst in seine Primitivfibrillen, wie wenn ein sie unter einander befestigendes Bindegewebe nicht existirte. Die Fibrillen zeigten nun unter dem Mikroscop folgende Veränderungen:

1. **Sarkolemma**; dieses war an verschiedenen Stellen der Primitivfibrillen wahrzunehmen, während unter gewöhnlichen Verhältnissen dies nicht der Fall ist; es erschien nämlich der Inhalt der Fibrille an mehreren Stellen geschrumpft und somit die umgebende Scheide stellenweise abgehoben.

2. Inhalt: an diesem fiel zunächst ein deutliches Hervortreten der Muskelkörperchen auf; sodann war besonders in den Fibrillen welche in der Nähe der Electrode sich befanden, Längs- und Quer streifung verloren; statt dieser sah man das Sacrolemma einen ge schrumpften Inhalt einhüllend und hin und wieder einen durch weitere Strecken verlaufenden feinkörnigen Niederschlag innerhalb der Scheide; die peripherisch von der Electrode gelegenen Muskel fasern, auf welche die Einwirkung des Stromes nicht so intensiv gewesen sein konnte, wie auf die in der nächsten Nähe der Elec troden liegenden Fasern, zeigten diese letztere Veränderung des Inhaltes immer spärlicher, dagegen war das Hervortreten der Mus kelkörperchen gleich deutlich.

Bei mikroscopischen Untersuchungen der Muskelfasern von Fröschen begegnet man oft Fasern, welche ohne stattgefundene Einwirkung chemischer Agentien irgend welcher Art die Muskel körperchen schon an sich deutlich zeigen. Ich legte mir nun die Frage vor, ob das bei diesem Versuch beobachtete Hervortreten der Muskelkörperchen nicht wohl auch ein zufälliges gewesen sein mochte?

Die Untersuchungen nun, die ich hierüber anstellte, ergaben jedoch, dass dies nicht zufällig sei und lediglich auf der Einwir kung der Anode auf diese Stelle beruht habe. Ich prüfte nämlich Muskelfasern der verschiedensten Körperstellen desselben Frosches auf das Vorkommen der Muskelkörperchen, fand diese jedoch nirgends als an der der Wirkung der Anode ausgesetzten Stelle. Dazu kommt noch, dass ich das Auftreten der Muskelkörperchen am + Pol stets beobachtet habe, so oft ich den Versuch wiederholte.

B. Mikroscopische Untersuchung der Muskelfasern, auf welche die Kathode eingewirkt hatte.

Der Inhalt der Fibrillen erscheint homogen und hat die Längs- und Querstreifung verloren; sonstige Veränderungen boten sich nicht dar.

Chemische Untersuchung der durch den constanten Strom bewirkten Veränderungen des Muskelgewebes.

Dieselben Stellen, von denen ich Partikelchen zur mikroscopischen Untersuchung genommen hatte, wurden jetzt hinsichtlich ihrer histochemischen Veränderungen geprüft.

Um die Einsichtsstelle der Anode weist das Lakmuspapier eine stark saure, um die der Kathode eine stark alkalische Reaction nach. Demnach sind die im Muskel enthaltenen chemischen Verbindungen nach dem Gesetz der Electrolyse, wie alle chemischen Verbindungen zerlegt worden, so dass die Säuren an der Anode, die Alkalien an der Kathode ausgeschieden wurden. So wurde Wasser, welches in beträchtlicher Procentzahl 77—78 % im Muskel gefunden wird, in seine Elemente, Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, — Auftreten von Luftbläschen um die Einstichsstellen der Electroden.

Ferner wurden im Muskel enthaltene Salze, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, das Chlornatrium, die organischen Säuren, die thierischen Basen, ebenfalls nach den Gesetzen der Electrolyse zerlegt.

Somit finden wir statt der normalen neutralen Reaction, an der Kathode eine alkalische, in Folge der hier entstandenen Alkalien, Kali, Soda, Kalk; an der Anode eine saure in Folge der aus den Salzen des Muskels stammenden frei gewordenen Säuren, so wie in Folge der hier entstandenen Schwefelsäure, welche dadurch gebildet wird, dass der in den Albuminaten enthaltene Schwefel durch den frei werdenden Sauerstoff zu Schwefelsäure verbrannt wird.

Diese Wirkung des Stromes, die chemischen Verbindungen der Gewebe zu zerlegen, will ich als directe Wirkung bezeichnen, und eine indirecte in Rücksicht darauf aufstellen, als die an den beiden Polen nunmehr frei gewordenen chemischen Agentien, die Säuren am positiven Pol, die Alkalien am negativen Pol, jetzt ihrerseits auf die betreffenden Gewebs-Parthieen einwirken. Es erklären sich uns danach die oben beschriebenen histologischen Veränderungen:

1. Die Härte in der Umgebung der Anode; — die hier frei gewordenen Säuren haben eine Coagulation der Eiweisskörper bewirkt.

2. Das leichte Zerfallen des Muskels in seine Primitiv-Fibrillen — das interstitielle Bindegewebe (Perimysium) ist durch die Säuren unter Aufquellen erweicht.
3. Der geschrumpfte Inhalt der Fibrille und feinkörnige Niederschlag; — eine Folge der durch die Säuren bewirkten Coagulation.
4. Das deutliche Hervortreten der Muskelkörperchen; Muskelfasern mit Säuren behandelt, zeigen stets dieselben.
5. Der Verlust der Quer- und Längsstreifung der Muskelfasern welche der Wirkung der Kathode ausgesetzt waren. — Muskelfasern mit Alkalien behandelt, bewirken ein Hell und homogen werden des Inhaltes, mit gleichzeitigem Verschwinden der Quer- und Längsstreifung.

Diese erwähnten histologischen und histochemischen Veränderungen treten stets in derselben Weise zu Tage, wenn die Stromstärke (85°) und die Expositionszeit (5 Stunden) dieselben bleiben. Eine Aenderung jedoch tritt ein, wenn statt der Platina-Nadeln Electroden von oxydirbarem Metall in Gebrauch gezogen werden.

Ich wählte kupferne Electroden.

Expositionszeit und Stromstärke, wie beim vorigen Versuch.

Nach Ablauf von 2 Stunden waren an den Einstichsstellen der Nadeln folgende Veränderungen vor sich gegangen.

1. An der Anode.

Um dieselbe zeigte sich in einem Umkreis von $^1/_2$ Ctm. das Muskelfleisch blaugrün gefärbt; dem zufühlenden Finger zeigte diese Stelle einen gewissen Grad von Härte an. Luftbläschen um die Electrode nicht zu bemerken. Die Electrode selbst erschien am Ende des Versuches schwärzlich verfärbt — oxydirt.

2. An der Kathode.

Die Theile durchsichtig, weich, an der Oberfläche Gasbläschen. Der Kupferdraht, der hier als Electrode gedient hatte, nach dem Versuch glatt, blank wie zuvor.

I. Mikroscopische Untersuchung.

A. Der Fibrillen vom positiven Pol.

Der Inhalt derselben zeigt körnige Niederschläge; das Sacrolemma ist an verschiedenen Stellen zerrissen, die körnigen Nieder-

chläge sind daher auch ausserhalb des Sacrolemma's um die Primitivfaser herumliegend zu beobachten.

B. Der Fibrillen vom negativen Pol.

Der Inhalt ist hell, homogen und hat theilweise einen Verlust der Längs- und Querstreifung erfahren.

II. Chemische Untersuchung.

Am positiven Pol zeigen die Muskeltheile eine saure Reaction an; am negativen — eine alkalische.

Die blaugrüne Färbung der Muskeltheile am positiven Pol rührt von der Bildung von schwefelsaurem Kupferoxyd her. Dies ergiebt folgende Ueberlegung: der Schwefel der Albuminate des Muskels wird durch den sich stetig am positiven Pol bildenden Sauerstoff zu Schwefelsäure oxydirt; diese verbindet sich nun wieder mit dem zu Kupferoxyd oxydirten Kupfer der Anode zu dem entsprechenden Salz.

Folgendes Experiment lehrt die Richtigkeit dieser Deduction.

In Hühnereiweiss wurden zwei Kupfer-Electroden getaucht, die mit einer Säule verbunden waren, deren Stromstärke 85 ° betrug, am Siemens-Halske'schen Galvanometer gemessen.

Nach 5 Stunden rund um die Anode ein blaugrünliches Gerinnsel, dieses wurde in destillirtes Wasser gelegt, tüchtig geschüttelt, und alsdann die Flüssigkeit filtrirt. Das Filtrat zeigte eine schwache blaue Färbung und reagirte schwach sauer. Zusatz von Eisencyankalium wies nun durch einen bräunlichen Niederschlag die Anwesenheit von Kupfer nach.

Die Schwefelsäure wurde durch Prüfen mittelst Chlorbaryum dargethan.

Somit dürfte die Bildung von schwefelsaurem Kupferoxyd bei Anwendung einer kupfernen Anode erwiesen sein.

Bei Anwendung stählerner Electroden erhält man schwefelsaures Eisen an der Anode, welches durch ein ähnliches chemisches Experiment auf gleiche Weise nachgewiesen werden kann.

Die chemischen Veränderungen am negativen Pol waren dieselben, wie bei Anwendung von Platina-Electroden.

Diese erwähnten Veränderungen des Muskelgewebes sind ste zu beobachten, wenn die Stärke und die Dauer der Einwirkun des Stromes dieselben bleiben, nämlich

85° am Siemens-Halske'schen Galvanometer gemessen — d Stromstärke,

und 5 Stunden die Dauer der Einwirkung des Stromes.

Folgende Versuchsreihe giebt ein Bild der Veränderunge wie sie eintreten, wenn die Stromstärke und Dauer ihrer Einwi kung sich ändert.

Dauer der Einwirkung — $^1/_2$ Stunde, — Stromstärke, — wurden 10, 4 □″ grosse Plattenpaare einer galvanischen Säule a gewandt. — Die Anode (Platina) wurde in den Oberschenkel d Frosches, die Kathode in den gastrocnemius eingestochen.

Die oben beschriebenen mikroscopischen Veränderungen d Muskel-Parthieen um die Einstichsstellen der Electroden waren hi nur in sehr geringer Ausdehnung kaum 1‴ im Umkreis um di Nadeln zu erkennen. Luftblasen entwickeln sich an beiden Pole sehr stark.

Das Mikroscop zeigt in den Fasern, auf welche die Anode g wirkt hatte, keine Muskelkörperchen; die Fasern liessen sich auc nicht so leicht wie sonst zerzupfen. Dies zwingt zu der Annahm dass bei dieser Modification der Anwendung des zersetzenden Stro mes keine so intensive Bildung von Säuren am positiven Pol e folgt, wie sie hinreichend ist, einmal um das interstitielle Binde gewebe aufquellen zu lassen und zum Theil zur Lösung zu bringe (— das leichte Auseinanderfallen des Muskeltheils in seine Primi tivfibrillen —), das andere Mal um die Muskelkörperchen hervor treten zu lassen.

Die Muskelfasern, auf welche die Kathode gewirkt hat, sin normal; am negativen Pol ist keine alkalische Reaction vorhanden dieselbe ist vielmehr die normale neutrale. Am positiven Pol is die Reaction sauer.

Lässt man den Strom von obiger Stärke eine Stunde weiter wirken, so treten folgende Veränderungen ein:

I. Am negativen Pol.

Die neutrale Reaction geht in die alkalische über. Die mikroscopische Untersuchung der Fasern zeigt jedoch keine Veränderungen derselben.

II. Am positiven Pol.

Hier werden jetzt unter Auftreten einer stark sauren Reaction die Muskelkörperchen sichtbar. — Somit ist im Verlauf der weiteren Einwirkung des Stromes, die durch die fortgesetzte Zerlegung der chemischen Verbindungen des Muskels am positiven Pol gebildete Säuremenge hinreichend stark geworden, die Muskelkörperchen deutlich hervortreten zu lassen.

Diese und andere Versuche, welche über die an den beiden Polen eintretenden Veränderungen bei verschieden starken Strömen und verschieden langer Anwendungszeit derselben, angestellt wurden, führten zu folgenden Resultaten:

1. Zum Eintreten einer mikroscopisch nachweisbaren Veränderung an den beiden Polen (— Sichtbarwerden der Muskelkörperchen am positiven Pol, Verlust der Quer- und Längsstreifung am negativen Pol —) ist erforderlich eine Stromstärke, wie sie 10, 4 □" grosse Platten-Paare einer Volta'schen Säule geben, und eine Einwirkung derselben von mindestens ein und einer halben Stunde.
2. Schwächere Ströme, oder solche von der erwähnten Intensität durch kurze Zeit angewandt, zersetzen die chemischen Verbindungen des Muskels, was durch die veränderte Reaction an den Electroden nachgewiesen werden kann — ohne die histologischen Elemente des Gewebes zu verändern.
3. Starke Ströme wirken, durch längere Zeit angewandt, sowohl durch die Kathode als auch durch die Anode total destruirend auf die Muskelfaser; an der Kathode zerfallen die Muskelfasern in eine gelatinöse Masse von stark alkalischer Reaction, in der das Mikroscop keine einzige Fibrille oder auch nur eine Andeutung derselben nachzuweisen im Stande ist; ebensowenig ist an der Anode von einer Fibrille etwas

zu erkennen, wo der Muskel fast knorpelhart geworden i
und eine stark saure Reaction zeigt.

4. Die zwischen den Electroden gelegene, vom Strom durch
flossene Strecke ist weder chemisch noch histologisch ve
ändert.

Nachdem ich gefunden hatte, dass die beschriebenen mikrosco
pischen und chemischen Veränderungen unter gleichen Bedingunge
(Stromstärke = 85 ° am Siemens-Halske'schen Galvanometer gemes
sen und Dauer der Einwirkung des Stromes = 5 Stunden) stet
zu beobachten sind, und ich zweitens die Modificationen jener Ver
änderungen bei schwächeren oder stärkeren Strömen und kürzere
oder längerer Einwirkungszeit festgestellt hatte, prüfte ich das

*weitere Verhalten der durch den zersetzenden Strom ver
änderten Muskeltheile bei ihrem Verbleiben im Organismus*

Zu diesem Zweck wurde einem Frosch die aus einer Platina
Nadel bestehende Anode einer aus zwanzig 4 □" grossen Platten
Paaren zusammengesetzten galvanischen Säule in den Oberschenkel
die Kathode in den gastrocnemius eingestochen. Der Strom blieb
durch eine halbe Stunde in Wirkung.

Nach der Operation sah man die beschriebenen mikroscopi
schen Veränderungen an den beiden Einstichstellen der Nadeln
nämlich: am negativen Pol die Muskelfasern so unter Erweichung
durchsichtig, dass man den Knochen durchscheinen sah, am posi
tiven Pol — die knorplige Härte. Das Thier wurde jetzt weiter
beobachtet. —

Es schleppte das Bein nach und konnte keine Bewegung mit
demselben ausführen; nach einigen Tagen war dasselbe gangränös
geworden und das Thier ging zu Grunde.

Der Verlust der Beweglichkeit des Beines ist leicht zu ver
stehen, wenn man die tiefen chemischen und histologischen Ver
änderungen, welche die Fibrillen in Folge der Einwirkung eines so
starken Stromes erlitten haben, sich vergegenwärtigt.

Die Ursache des Gangränescenz des Beines zu erfahren, stellte
ich denselben Versuch noch einmal an und fand nach demselben,
als ich die Schwimmhaut des Beines auf Blutcirculation prüfte,
dass dieselbe vollständig unterdrückt sei. — Die grösseren Gefässe,

welche ich im Beine zwischen den Muskeln aufsuchte, waren in ihrem Verlauf durch den Oberschenkel in der Gegend, wo die Anode ihre Wirkung entfaltet hatte, mit geronnenem Blut erfüllt, was mittelst einer Lupe deutlich zu erkennen war.

In den Gefässen jedoch, in deren Nähe die Kathode eingestochen war, beobachtete ich nie Gerinnsel.

Somit dürfte wohl der Schluss gerechtfertigt sein, dass die an der Anode freigewordenen Säuren, eine Coagulation des Blutes in den Gefässen, welche durch die von den Säuren angegriffenen Muskeltheile verliefen, bewirkt haben, und dies die Veranlassung der Gangränescenz des Beines geworden ist. —

Von Interesse ist noch folgende Erscheinung, die ich bei diesen Versuchen zu beobachten Gelegenheit hatte, wenn der Strom nicht so stark war, dass eine Gangrän der Theile die Folge war.

Stromstärke = 10, 4□″ grosse Platten-Paare einer Volta'schen Säule.

Dauer der Einwirkung = $2^1/_2$ Stunde.

Electroden — nicht oxydirbare (Platina).

Untersucht man nämlich mehrere Tage nach dem Versuch die Muskeltheile nach ihrem mikroscopischen und chemischen Verhalten, so findet man, dass mehrere Veränderungen, welche die Muskeln unmittelbar oder in nicht zu langer Zeit nach der Einwirkung des Stromes untersucht, zeigen, diese dann nicht mehr zu beobachten sind. So ist statt der sauren Reaction am positiven Pol und der alkalischen am negativen Pol, welche bei der erwähnten Stromstärke am Ende des Versuchs auftreten, an beiden Stellen eine neutrale Reaction, also die normale zu constatiren. Mikroscopisch sind die Muskelkörperchen, bei einer Untersuchung einige Tage nach dem Versuch, ebenfalls nicht mehr zu beobachten, auch können dieselben bei Zusatz von verdünnten Säuren nicht mehr sichtbar gemacht werden. Geblieben jedoch ist der feinkörnige Niederschlag innerhalb der Sarkolemmaschläuche. Das Bein, nach dem Versuch vollständig unbeweglich, wurde nach Verlauf von sechs Tagen, wenn auch wenig, so doch unverkennbar bewegt.

Aus diesem Verschwinden der durch den Strom bewirkten fremden Reaction an den beiden Polen und dem Zurückkehren der normalen, so wie aus dem Vergehen der histologischen Veränderungen, kann man den Schluss ziehen, dass die durch den constanten Strom bewirkten Veränderungen des Gewebes im Stande sind, sich mit der Zeit auszugleichen.

Hierfür spricht noch folgender Versuch:

Ich stach einem Frosch die Platina-Anode einer aus 8, 4 □' grossen Platten-Paaren bestehenden galvanischen Säule in das rechte Bein, die Kathode in das linke Bein, und liess den Strom eine halbe Stunde in Wirkung.

Nach dem Versuch — totale Unbeweglichkeit. Nach 11 Tagen deutliche Beweglichkeit des linken Beines, und nach drei Wochen konnte es das Thier wieder vollständig gebrauchen. Das rechte Bein, wo die Kathode gewirkt hatte, erhielt seine frühere Beweglichkeit nicht wieder, wenngleich es bedeutend beweglicher mit der Zeit wurde, als es unmittelbar nach dem Versuche war.

Die vorgeführte Versuchsweise lehrt also:

A.

Die Wirkung des Stromes auf das Muskelgewebe zerfällt:

1. **In eine directe Wirkung**, indem der Strom die im Muskel enthaltenen chemischen Verbindungen in ihre Elemente zerlegt.

2. **In eine indirecte Wirkung**, insofern die durch den Strom gebildeten Zersetzungsproducte, die Säuren am positiven Pol, die Alkalien am negativen Pol, ihrerseits auf das Gewebe verändernd einwirken, und

3. In eine mit der indirecten verbundene **mechanische Wirkung**, welche darin besteht, dass die an den beiden Polen sich entwickelnden Sauerstoff- und Wasserstoff-Bläschen, die Gewebs-Elemente auseinanderdrängen.

Diese letztere Wirkung findet nicht statt bei einer oxydirbaren Anode, wo sich der Sauerstoff sofort mit dem Metall verbindet.

B.

Die Veränderungen, welche der Strom in dem Muskelgewebe bewirkt, sind abhängig:

1. **Von der Stromstärke.**

2. **Von der Beschaffenheit der Electroden**, ob diese
   a. oxydirbar sind (kupferne, messingene, stählerne Electroden);
   b. nicht oxydirbar sind (goldene, Platina-Electroden.)

I. Veränderungen bei Anwendung schwacher Ströme oder solcher von mittlerer Intensität.

1. **An einer nicht oxydirbaren Anode.** Reaction sauer; Entwickelung zahlreicher Luftbläschen; Histologische Veränderungen

sind nicht zu beobachten, jedoch werden bei längere Zeit fortgesetzter Einwirkung des Stromes die Muskelkörperchen sichtbar, auch beginnt sich der Inhalt durch einen moleculären Niederschlag zu trüben.

2. **An einer oxydirbaren Anode.** Die Entwickelung von Luftbläschen fehlt, es treten die bei einer nicht oxydirbaren Anode zu beobachtenden Veränderungen viel später, langsamer und bei Weitem nicht so deutlich ein; die Muskelkörperchen werden ganz nicht sichtbar. — Dies erklärt sich, wenn man bedenkt, dass die an der Anode frei werdenden Säuren die verändernden Materien sind, und dass bei oxydirbaren Electroden ein Theil dieser Säuren dadurch, dass er sich mit dem Metalloxyd der Electrode zu dem entsprechenden Salz verbindet, wie ich dies nachgewiesen habe, neutralisirt wird, und dadurch ausser Wirkung kommt.

3. **An einer nicht oxydirbaren Kathode.** Entwickelung von Gasbläschen; Reaction: neutral, geht jedoch, wenn der Strom längere Zeit gewirkt hat, in die alkalische über.

4 **An einer oxydirbaren Kathode.** Das Resultat ist dasselbe, wie bei der nicht oxydirbaren Electrode; denn die am negativen Pol frei werdenden Alkalien und Wasserstoff, sind ohne Einfluss auf das Metall der Electroden.

5. Die Veränderungen gleichen sich, wenn der Theil im Organismus verbleibt, mit der Zeit aus.

II. Veränderungen bei Anwendung starker Ströme.

1. **An einer nicht oxydirbaren Anode.**
   a. Der Inhalt der Fibrille ist geschrumpft.
   b. Die Muskelkörperchen treten stets deutlich hervor.
   c. Das Perimysium ist unter Aufquellen erweicht.
   d. Die Reaction ist intensiv sauer.
2. **An einer oxydirbaren Anode.**
   a. Längs- und Querstreifung der Fibrillen nicht mehr zu erkennen.
   b. Reaction schwach sauer.
   c. Inhalt der Fibrillen zeigt einen feinkörnigen Niederschlag.
   d. Muskelkörperchen nicht sichtbar.
3. **An einer nicht oxydirbaren Kathode.**
   a. Längs- und Querstreifung nicht mehr zu erkennen.
   b. Reaction stark alkalisch.

4. An einer oxydirbaren Kathode. Das Resultat ist dasselbe wie bei der nicht oxydirbaren Kathode, aus dem bei I. 4 angeführten Grunde.

5. Die starke Säurebildung an der Anode coagulirt das Blut in den Capillaren und kleineren Gefässen, destruirt auch diese selbst und bewirkt auf diese Weise Absterben der Theile*).

Aus dieser Zusammenstellung geht Folgendes hervor:

Die Wirkung des Stromes auf das Muskelgewebe reducirt sich darauf, dass, indem das Gewebe die es verändernden Stoffe selbst liefert unter dem Einfluss des Stromes, die Anode die Wirkung einer Säure, die Kathode die eines Alkali entfaltet.

Dieses für die durch den constanten Strom bewirkten Veränderungen des Muskelgewebes gefundene Gesetz ist aber in derselben Weise für jedes andere Gewebe gültig. Hierfür als Beweis folgende Versuche:

Sticht man die Anode einer starken Säule in Theile ein, wo sich ihre Wirkung leicht auf bindegewebige Parthien erstrecken kann, so findet man bei darauf folgender mikroscopischer Untersuchung das Bindegewebe stets stark aufgequollen; ein Verhalten, welches nur mit Säure behandeltes Bindegewebe zeigt. — Untersucht man Bindegewebe, auf welches in gleicher Weise die Kathode gewirkt hat, so ist es nie möglich, die Bindegewebskörperchen mehr zu entdecken, was wiederum damit übereinstimmt, dass eine Behandlung des Bindegewebes mit Kali oder Natron-Lösung stets ein Verschwinden der Bindegewebskörperchen zur Folge hat.

Sehr deutlich liefert noch folgender Versuch den Beweis dafür, dass die zersetzende Wirkung des constanten Stromes auf thierische Gewebe darin beruhe, dass die an den Rheophoren frei gewordenen chemischen Agentien, Säuren und Alkalien, verändernd auf dieselben einwirken.

---

*) So erklärt sich auch das Resultat eines Versuches von Nélaton (Compt. rend. Juillet 1864). Zwei Electroden einer starken Bunsen'schen Kette wurden in die Zunge eines lebenden Hundes 4 Ctm. vom freien Rand eingesenkt. Es stellte sich die Bildung eines Schorfes ein, welcher quer von einem Zungenrand zum andern ging; die Zungen-Partie jenseits des Schorfes wurde brandig abgestossen.

Auf einen Objectträger, welcher über die beiden Objecttische zweier neben einander stehender Mikroscope gelegt ist, bringt man ein Stück der Gaumenschleimhaut des Frosches zur Beobachtung der Flimmerbewegung ihrer Epithelialzellen, und stellt die Mikroskope auf zwei freie Ränder der abgeschnittenen Schleimhaut so ein, dass man durch jedes eine genügende Zahl flimmernder Zellen beobachten kann. Alsdann bringt man, um den Strom durch das unter den Mikroscopen befindliche Object zu leiten, die Electroden einer schwachen galvanischen Säule, in der Weise, wie es Harting (Frey, das Mikroscop und die mikroscopische Technik) angegeben hat, auf den Objectträger, so dass man durch das eine Mikroscop die Vorgänge am positiven Pol, durch das andere die Vorgänge am negativen Pol bequem beobachten kann. Setzt man die Beobachtung der Wimperbewegung so lange fort, bis man ein Absterben der Zellen an dem langsam und langsamer werden und endlichen Aufhören der Bewegungen bemerkt, so sieht man, wenn man jetzt die Kette schliesst, nach kurzer Zeit die Bewegung unter dem Mikroscop, wo der Strom austritt, von Neuem in's Leben treten. Durch das andere Mikroscop beobachtet man im Gegentheil, wie die Zellen allmählig zu schrumpfen beginnen und zu Grunde gehen. Von einem Wiedererwachen der erloschenen Bewegung ist keine Spur zu bemerken.

Diesen an der Kathode stattfindenden Vorgang nun, den ich viermal mit gleichem Erfolg beobachtet habe, kann man wohl nicht anders erklären, als dass die an dem negativen Pol freigewordenen Alkalien die Bewegung von Neuem in's Leben gerufen haben, — was mit Virchow's schöner Entdeckung übereinstimmt, dass die eben zum Stillstand gekommene Wimperbewegung durch Behandlung mit verdünnter Kali- oder Natronlösung für kurze Zeit wieder in's Leben zurückgerufen werden kann. —

Die Wirkung des Stromes auf Blut endlich tritt ebenfalls in der gleichen Weise auf, wie ich es bei den bisher beschriebenen Geweben angeführt habe.

Man beobachtet nämlich stets:

1. Ein Freiwerden von Säuren an der Anode, wovon man sich durch ein Prüfen mittelst Lackmuspapier leicht überzeugen kann, und ausserdem ein Auftreten von Luftbläschen, die aus Sauerstoff bestehen; letztere fehlen jedoch, wenn man oxydirbare Electroden anwendet. — Das Auftreten der Säuren erklärt sich aus der

Zersetzung der Blutsalze, das Auftreten der Sauerstoffbläschen aus der des Blutwassers.

2. Die Anode umgiebt sich in der Länge, als sie in das Blut eingetaucht ist, mit einem weichen mussigen Gerinnsel — eine Folge der Einwirkung der am positiven Pol freigewordenen Säuren auf das Blut-Eiweiss, wodurch dasselbe coagulirt wurde.

3. Die Blutkörperchen zeigen unter dem Mikroscop ein gleiches Verhalten, wie mit Säuren behandelte Blutzellen.

4. An der Kathode ist die Reaction stets stark alkalisch.

5. Die Blutkörperchen in der unmittelbaren Nähe der Kathode verschwinden; eine Folge der Auflösung derselben durch die hier frei gewordenen Alkalien.

6. Luftbläschen sind an der Kathode sichtbar, mag sie oxydirbar sein oder nicht.

Obschon ich aus Mangel an Zeit darauf verzichten musste, das p. 29 festgestellte Gesetz im Einzelnen noch an mehreren, als den angeführten Geweben, als giltig nachzuweisen, so glaube ich dennoch die volle Giltigkeit desselben für alle thierischen Gewebe beanspruchen zu können, da sich nach dem electrolytischen Gesetz, aus den chemischen Verbindungen der Gewebe an der Anode Säuren, an der Kathode stets Blasen bilden müssen, welche dann, wie ich dies bewiesen habe, verändernd auf das Gewebe einwirken.

Ist aber einmal dies, als die Wirkung des Stromes auf thierische Gewebe überhaupt festgestellt, so wird eine rationelle Anwendung der Electrolyse zu therapeutischen Zwecken stets von diesem Princip ausgehen müssen.

Schliesslich möge hier noch ein Krankheitsfall Erwähnung finden, den ich mittelst der Electrolyse behandeln und heilen sah.

Friedrich Weiss, Schmidt, 39 Jahr alt, ein kräftiger Mann, leidet seit sechs Jahren an einer hydrocele dextra. Auf eine Punction derselben erfolgte bald Recidiv. Vor 4 Jahren wurde die Radical-Operation vorgenommen. (Punction mit nachfolgender Jod-Ein-

spritzung). Nach Verlauf von einem Jahr zeigte sich jedoch di Geschwults wieder.

Status praesens. Der Hodensack stellte eine fluctuirende, m durchscheinender Flüssigkeit gefüllte Geschwulst dar, deren grösste Durchmesser 31 Ctm. beträgt. — Kein Zusammenhang mit de Bauchhöhle. — Nachdem die Diagnose auf eine Hydrocele festge stellt war und das dritte Recidiv weder von einer Punction noc von einer mit letzterer combinirten Injection einen Erfolg zu er warten liess, entschloss man sich zur Electro-Punctur.

Den 6. März 1868. Zwei 4—5″ lange Platina-Nadeln wurde in einer Entfernung von etwa 2″ durch den Hodensack durchge stochen und der Strom einer aus 20 Platten-Paaren von 4 □′ Grösse bestehenden Volta'schen Säule hindurchgeleitet, nachdem der Kranke in eine leichte Narkose versetzt war. Beim Schliessen der Säule äusserte Patient lebhafte Schmerzens-Empfindungen ebenso während der ganzen Dauer der Einwirkung (10 Minuten). Luftblasen entwickelten sich zahlreich an beiden Nadeln. Während die Kathode nach der Operation leicht ausgezogen werden konnte, liess sich die Anode, um welche herum sich die Theile hart anfühlten, schwer ausziehen, sie schien wie eingeklemmt in der Geschwulst.

Den 7. März. Der grösste Umfang des Hodensackes 27 Ctm. Die Geschwulst fühlt sich bedeutend lockerer, weicher an, zugleich sind härtere Stellen, wie Gerinnsel in derselben zu palpiren.

Den 9. März. Umfang 28 Ctm. Die Geschwulst also grösser; sie fühlt sich auch härter an.

Den 14. März. Der alte Umfang von 31 Ctm. ist wieder eingetreten.

Den 31. März. Abermalige Anwendung der Electro-Punctur in der oben beschriebenen Weise.

Den 1. April. Nach der Operation wurde das scrotum weicher. Schmerzen waren gestern, dem Tage der Operation, im Laufe des Nachmittags und des Abends bedeutend.

Den 2. April. Umfang des scrotum wie vor der Electro-Punctur; dasselbe ist geröthet und auf Druck schmerzhaft.

Nach dieser Zeit kam Patient nicht mehr nach der Klinik. Als ich ihn im December des vorigen Jahres sah, erfuhr ich über den weiteren Verlauf Folgendes:

Patient hatte drei bis vier Wochen lang nach der Operation heftige Schmerzen im scrotum; jedoch wurde die Geschwulst im Laufe einiger Monate immer kleiner und verschwand endlich ganz. Umfang des Hoden 20 Ctm.; am unteren Rand des Hodens ist eine kleine Verhärtung vorhanden, die sich wie ein Gerinnsel anfühlt.

Erklärung der erfolgten Heilung.

Um sich zunächst eine Vorstellung von den chemischen Vorgängen in der Flüssigkeit beim Durchleiten eines zersetzenden Stromes zu machen, ist es nothwendig, einen Blick auf die chemische Zusammensetzung derselben zu machen.

Der Inhalt einer Hydrocele stellt eine seröse Flüssigkeit dar, in welcher man jedoch auch in seltenen Fällen eine fibrinogene, an der Luft gerinnende Substanz beobachtet. Sie ist wie alle hydropischen aus dem Blut stammenden Flüssigkeiten bedeutend wasserreicher als das Blutserum, 930—980 $^0/_{00}$ statt 905—917 $^0/_{00}$.

Das Wasser wird in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt und liefert die Bläschen an den Electroden.

Das Eiweiss ist rein oder als Natron-Albuminat vorhanden. —

Der Schwefel der Albuminate wird am positiven Pol zu SO_3 verbrannt.

Von Salzen finden sich, besonders Kochsalz, Phosphate, Sulphate und kohlensaure Natronsalze. — Sie liefern Säuren zur Anode, Basen zur Kathode.

Die erfolgte Heilung glaube ich nur aus folgenden vier Momenten erklären zu können.

1. Die tunica vaginalis propria wurde an der Anode durch die freigewordenen Säuren, an der Kathode durch die Alkalien, in Folge des starken Stromes, der angewandt wurde (20, 4 □" grosse Platten-Paare einer Volta'schen Säule) total destruirt*). Flüssigkeit musste nun durch die zerstörten Stellen der tunica vaginalis propria in das Scrotal-Bindegewebe austreten, wo sie resorbirt wurde.

Die erste Anwendung am 6. März 1868 hatte nur einen vorübergehenden Erfolg. Indem nämlich die Einwirkung des Stromes

*) Der angewandte Strom hatte die Stärke, welche total das Muskelgewebe zu destruiren im Stande ist. cfr. p. 23, 3.

nur kurze Zeit gedauert hatte*), glichen sich die an den beiden Polen bewirkten Veränderungen aus, die seröse Höhle schloss sich, füllte sich wieder und die Geschwulst erreichte den alten Umfang.

Bei der zweiten Sitzung jedoch, 31. März, wo der starke Strom länger wirkte, fand eine solche Zerstörung der tunica vaginalis propria an den Einstichsstellen der Electroden statt, dass eine Ausgleichung der Veränderungen nicht mehr erfolgen konnte; aus diesen zwei Stellen trat nun die Flüssigkeit fortwährend in das Scrotal-Bindegewebe aus, von wo sie im Laufe der Zeit resorbirt wurde.

2. Es ist höchst wahrscheinlich, dass um die an der Anode entstandenen Eiweissgerinnsel herum sich späterhin immer neue Schichten abgelagert haben (nach Art der neuen Ablagerung von Faserstoff um Gerinnsel in der Blutbahn; da man in der Hydrocelen-Flüssigkeit, eine fibrinogene, an der Luft spontan gerinnende Substanz, wie sie im Blut enthalten ist, öfters beobachtet hat).

3. Vergegenwärtigt man sich die tiefen Veränderungen und Zerstörungen, die ein starker Strom in einem Gewebe bewirkt, so ist es wohl nicht von der Hand zu weisen, dass im vorliegenden Fall sich nicht eine Entzündung der tunica vaginalis propria entwickelt haben wird, die zur Verklebung der beiden Scheidehautblätter und somit zur definitiven Heilung geführt hat; für die stattgefundene Entzündung spricht die Röthung des scrotum nach der Operation, sowie die starken Schmerzen, die Patient gehabt hat.

4. Die durch den Strom veränderte chemische Zusammensetzung der Flüssigkeit kann ebenfalls für die Heilung von Nutzen gewesen sein, da sie hierdurch möglicherweise eine geeignete Beschaffenheit zur Resorption erlangt hat.

---

*) Die durch schwächere Einwirkung des Stromes gesetzten Veränderungen gleichen sich wieder mit der Zeit aus. cfr. p. 26.

Vita.

Der Verfasser ist, katholischer Confession, am 4. Mai 1846 zu Breslau geboren, besuchte bis zur Ober-Secunda das hiesige Matthias-Gymnasium und ging darauf auf das königliche Gymnasium zu Ratibor über. Von diesem am 22. März 1866 mit dem Zeugniss der Reife entlassen, wurde er am 12. April desselben Jahres bei der medicinischen Facultät hiesiger Universität immatriculirt. Während der Zeit seines Aufenthalts hörte er nun die Vorlesungen, und besuchte die praktisch-medicinischen Uebungen folgender Herren Professoren und Docenten: Barkow, Secir-Uebungen, Anatomie des Menschen, vergleichende Anatomie. Fischer, chirurgische Klinik, Allgemeine Chirurgie, über Geschwülste. Grosser, Knochen- und Bänder-Lehre. Haeser, Arzneimittel-Lehre. Heidenhain, Physiologie des Menschen, mikroscopische Uebungen. Lebert, specielle Pathologie und Therapie, über Syphilis, über Krankheiten der Kreislaufsorgane, medicinische Klinik. Loewig, organische und anorganische Chemie. Marbach, Experimental-Physik. Middeldorpf, specielle Chirurgie, über Verrenkungen, chirurgisch-augenärztliche Klinik, Operations-Uebungen am Cadaver. Spiegelberg, Geburtshilfe, über Gebärmutter-Krankheiten. Waldeyer, allgemeine und specielle pathologische Anatomie, über Missbildungen, über Parasiten des Menschen. Wyss, Auscultation und Percussion, mikroscopisch-chemische Diagnostik.

Am 25. Februar 1868 bestand der Verfasser das tentamen physicum vor der königlichen Prüfungs-Commission der hiesigen Universität. Am 22. März 1869 wurde dem Verfasser die Ehre zu Theil, eine von ihm bearbeitete Preisschrift von der hiesigen Facultät gekrönt zu sehen. Ostern 1869 bezog der Verfasser die Universität Berlin, wurde am 4. Mai desselben Jahres immatriculirt und nahm an den praktischen Uebungen folgender Herren Professoren Theil: v. Langenbek, chirurgische Klinik, Operations-Uebungen am Cadaver. Martin, geburtshilfliche Klinik und geburtshilfliche Operationen. Traube, medicinische Klinik.

Michaeli desselben Jahres kehrte Verfasser nach Breslau zurück, wurde am 22. October immatriculirt, und bestand am 14. Januar dieses Jahres das examen rigorosum.

Thesen.

1. Unterdrückung der Blutcirculation durch die Nabelschnur wird zum Inspirationsreiz für die Frucht.
2. Bei einem Bruch des Schlüsselbeins macht eine zweckmässige Lagerung des Kranken jeden Verband entbehrlich.
3. Jede operative Behandlung der Varicocele ist schädlich.
4. Die normale Schwangerschaftsdauer des menschlichen Weibes ist noch keineswegs exact ermittelt.